

제주연안에 서식하는 오분자기, *Haliotis diversicolor aquatilis*의 생식주기

김성훈¹ · 이치훈¹ · 송영보¹ · 김병엽² · 현상윤³ · 이영돈^{1,*}

¹제주대학교 해양과환경연구소, ²한국수산자원관리단 제주지사, ³University of Massachusetts Dartmouth

Reproductive Cycle of Small Abalone, *Haliotis diversicolor aquatilis* in Jeju Coastal Waters

Seong-Hoon Kim¹, Chi-Hoon Lee¹, Young-Bo Song¹, Byung-Yeob Kim², Saang Yoon-Hyun³
and Young-Don Lee^{1,*}

¹Marine and Environmental Research Institute of Jeju National University, Jeju 695-965, Korea

²Jeju Project Station of Korea Fisheries Resource Agency, Jeju 695-929, Korea

³School for Marine Science and Technology, University of Massachusetts Dartmouth, MA 02719, USA

ABSTRACT : Reproductive cycle of the small abalone, *Haliotis diversicolor aquatilis* which collected from Seong-san coastal waters, Jeju, Korea were investigated monthly from May 2006 to April 2007 using histological methods. The gonad index (GI) of male and female reached a peak in June (70.72±5.20) and July (55.38±11.73). Subsequently, GI decreased in September (Male, 21.27±2.91; Female, 27.75±4.76) and increased again in October (Male, 48.49±8.39; Female, 51.36±7.47), respectively. After that, GI gradually decreased. In March 2007, GI was reached the minimum (Male, 8.46±0.57; Female, 9.69±0.88). The reproductive cycle of female and male could be divided into six successive stages ; In female, multiplication (February and May), growing (February to May), mature (April to July), partial spawning (May to November), degenerating (October to December) and recovery (September to October and December to February) stage. In male, multiplication (February and May), growing (March to May), mature (April to July), spawning (June to November), degenerating (November to February) and recovery (September to February) stage. The yellowish granular cells have been observed more in multiplication, growing, degenerating, and recovery stage than mature and partial spawning stage. The results of GI and histological observations of the gonads suggested that this species could be presumed as multi-spawning characteristics more two times in spawning seasons.

Key words : Small abalone, *Haliotis diversicolor aquatilis*, Gonad index, Reproductive cycle, Jeju coastal waters

요 약 : 제주도 성산 연안 지역에 서식하는 오분자기의 생식주기를 조사하기 위하여 2006년 5월부터 2007년 4월까지 채집된 개체를 대상으로 생식소지수와 생식세포 발달단계, 황색 과립세포 출현양상과 생식상피의 형태변화를 조사하였다. 생식소지수(GI)의 월별 변화는 암컷과 수컷 개체 모두 유사한 경향을 보였다. 암컷 GI는 2006년 5월 21.63±2.42에서 6~8월 55.38±11.73으로 최대값을 보였고, 9월 27.75±4.76으로 감소하였다가 10월 51.36±7.47 증가한 후 2007년 4월까지 낮은 값(7.65±0.85)을 유지하였다. 오분자기의 생식주기는 생식세포 발달 단계에 따라 연속적인 6단계로 구분하였다. 암컷은 분열증식기(2월과 5월), 성장기(2월~5월), 성숙기(4월~7월), 부분산란기(5월~11월), 퇴행기(10월~12월) 그리고 회복기(9월~10월, 12월~2월) 등으로 구분할 수 있었다. 수컷은 분열증식기(2월과 5월), 성장기(3월~5월), 성숙기(4월~7월), 방정기(6월~11월), 퇴행기(11월~2월) 그리고 회복기(9월~2월) 등으로 구분할 수 있었다. 생식소내 황색과립세포는 성숙 및 산란기보다 분열증식기, 성장기, 퇴행기, 회복기에 많이 관찰되었다. 오분자기 GI 및 생식소의 조직상 관찰 결과, 암컷은 5월부터, 수컷은 6월부터 일부 개체가 부분산란 및 방정을 시작하여 8~9월에 1차 산란을 한 후 10~11월에 2차 산란에 가입하는 경향을 보여 일 년에 2회 이상의 산란시기를 갖는 다회 산란특성을 보였다.

* 교신저자: 이영돈, 제주특별자치도 제주시 조천읍 함덕리 3288 제주대학교 해양과환경연구소. (우) 695-965, (전) 064-782-8922, (팩) 064-782-8281, E-mail: leemri@jejunu.ac.kr

서론

전복류의 생식주기는 성숙 산란시기에 따라 동계산란형, 하계산란형 그리고 연중 산란형 등으로 구분하고 있다(Booolootian et al., 1962). 이들 산란형은 서식지역에 따라 종 특이성을 가진다(Shepherd & Law, 1974). 전복류의 생식주기에 관한 연구는 온대와 아열대지역에 서식하는 전복류의 생식주기와 생식세포 형성과정(Booolootian et al., 1962; Webber & Giese, 1969; Young & DeMartini, 1970; Capinpin et al., 1998; Campbell et al., 2003), 국내에 서식하는 참전복(*Halitotis discus hannai*), 말전복(*H. gigantea*), 시볼트전복(*H. sieboldii*), 까막전복(*H. discus*)의 생식주기(Lee, 1974; Lee et al., 1978), 국내와 일본에 서식하는 오분자기의 생식주기와 생식세포 발달(Oba, 1964; Takashima et al., 1978; Lee & Lee, 1982)에 관한 연구가 있다.

패류의 산란은 환경변화에 영향을 받는다(Kim et al., 2007; Lee et al., 2011). 전복류의 생식주기는 외부 환경요인 즉, 먹이(Shepherd, 1973; Shepherd & Law, 1974), 수온(Counihan et al., 2001), 광주기(Webber & Giese, 1969) 등에 영향을 받으며, 특히 성숙 및 산란을 유도하는 요인은 수온의 변화이다(Newman, 1967; Uki & Kikuchi, 1984; Tanaka et al., 1986; Hahn, 1994; Grubert & Ritar, 2004).

최근 제주 연안의 오분자기 자원이 급격하게 감소하여 지방정부와 어민들이 제주 연안 오분자기 자원 회복을 위하여 급어기 설정 및 방류 사업 등을 수행하고 있다. 이 연구는 제주 연안 오분자기 자원의 효율적 자원관리를 위한 번식생물학적 기초 자료를 확보하기 위해 제주 연안에 서식하는 오분

자기를 월별로 채집하여 생식세포의 발달 양상, 생식세포의 발달 단계를 토대로 생식주기 및 산란시기 등을 조직학적으로 조사하였다.

재료 및 방법

제주도 연안에 서식하는 오분자기의 생식주기를 조사하기 위해 2006년 5월부터 2007년 4월까지 제주특별자치도 서귀포시 성산읍 성산포 연안에서 해녀 나잡에 의해 매월 25~30개체 총 302개체를 채집하였다(Fig. 1). 채집한 오분자기는 Vernier calliper를 이용하여 각고와 각장을 0.01 cm까지 측정하였고, 전중량, 육중량 그리고 간체장을 포함한 생식소 중량은 전자저울(Sartorius, BP 3100s)을 이용하여 0.01 g까지 측정하였다. 월별과 주별 생식소 지수(Gonad Index, GI)는 Young & DeMartini(1970)의 방법에 따라 오분자기 생

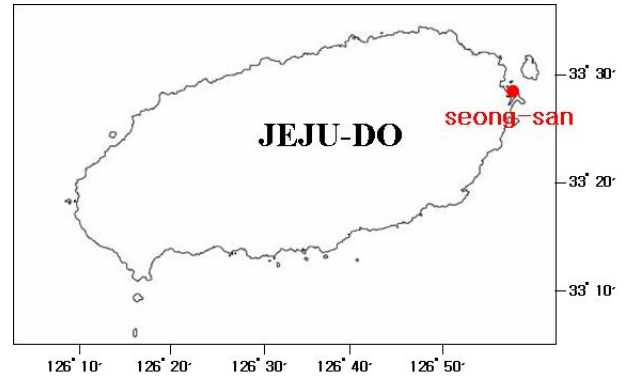


Fig. 1. Map showing sampling site on the northeast Seong-san coast of Jeju.

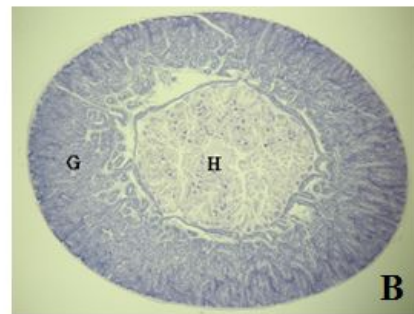
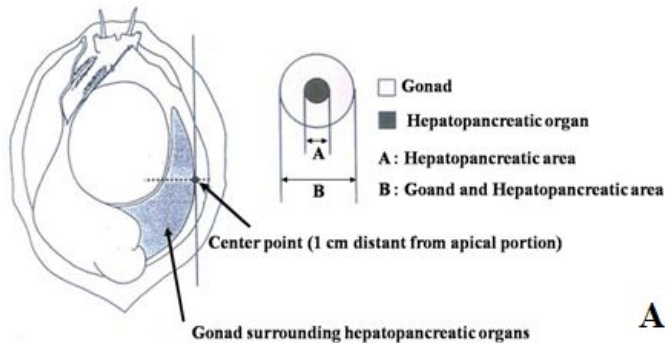


Fig. 2. Schematic drawing on center point of gonad, *H. diversicolor*. (Method by Young and DeMartini, 1970) and histological internal structure showing cross section of conical appendage including gonad and hepatopancreas organ. G, gonad area; H, hepatopancreas area.

식소 선단부에서 길이가 1 cm 지점의 중심점 부위의 간체장 조직 단면의 직경에 대한 생식소 두께의 면적 비율로 다음의 산출법으로 산출하였다(Fig. 2).

$$\text{생식소지수(GI)} = (\text{외경 면적} - \text{내경 면적}) \times 100 / \text{외경 면적}$$

외경면적: 간체장을 포함한 생식소 전체 면적
내경면적: 간체장 면적

조직학적 관찰을 위해 오분자기 생식소 선단부에서 길이가 1 cm 지점의 중심점부위 절편을 적출한 후 paraffin 방법으로 microtome(Reichert-Jung 820)을 사용하여 5~6 μm 두께로 조직절편을 만들었다. 광학 현미경 관찰을 위하여 Hansen's haematoxylin과 0.5 % eosin으로 비교 염색 후 광학 현미경(Carl Zeiss, HBO5)으로 조직 표본을 검경하였다. 생식소 발달단계는 Capinpin et al.(1998)의 방법을 기준으로 생식세포 형성과정, 생식상피 조직상의 형태 변화,

생식소 내강에 존재하는 미분화 간충직 조직 그리고 생식소 결합조직과 생식상피에 존재하는 황색 과립세포의 출현 빈도 등에 따라 분열증식기, 성장기, 성숙기, 부분산란기, 퇴행기, 회복기의 6단계로 구분하였다(Table 1, 2). 채집장소의 수온은 조사지역의 수심 3~4 m 지역에 morning 수온계를 고정하여 매일 측정하였고, 일장은 한국천문연구원에 있는 제주시 지역의 일출과 일몰 시간의 자료를 인용하였다.

결 과

1. 생식소의 외부형태

오분자기 생식소의 외부형태는 폐각에 붙는 육질부의 인접부에 아가미 부위에서 소화맹난인 간체장 조직을 포함하는 쇄뿔 모양의 길고 짧은 두 개의 돌기 형태로 관찰되었고, 성 성숙기의 암컷 생식소는 녹색, 수컷은 유백색을 띄어 육

Table 1. Criteria used to assesment of reproductive cycle according to gonadal development of female in *H. diversicolor*

Stage	Morphological characteristics of gonad according to reproductive cycle			
	Germ development stage	Morphological several shapes of germinal epithelium	Yellowish granular cells existing in germinal epithelium	Yellowish granular cells and meshencymal cells in lumen of gonad
Multiplication	cuboidal oogonia (size: 8 μm), squamous germinal epithelial cells. a few sexual indiscrimination individuals.	mostly tubular and a few bending process shapes	++	++
Growing	perinucleolar oocytes (size: 5~10 μm) and oil droplet stage oocytes (size: 50~70 μm)	mostly bending and a few tubular process shapes (stalk shape)	+	+
Mature	primary (size: 120~150 μm) and secondary (size: 150~170 μm) yolk globule stage oocytes with jelly coat	mostly long process shapes (sac shape)	+	±
Partial spawning	maturing oocytes with jelly coat. jelly coat with bending shapes	long process shapes (sac shape)	++	±
Degenerating	mostly immature oocytes and a few mature oocytes	long process and tubular shapes	+	+
Recovery	a few oogonia and oil droplet oocytes. a few sexual indiscrimination individuals	slender tubular circular shapes	++	++

++, abundant; +, intermediate; ±, a few or none.

Table 2. Criteria used to assesment of reproductive cycle according to gonadal development of male in *H. diversicolor*

Stage	Morphological characteristics of gonad according to reproductive cycle			
	Germ development stage	Morphological several shapes of germinal epithelium	Yellowish granular cells existing in germinal epithelium	Yellowish granular cells and meshcymal cells in lumen of gonad
Multiplication	mostly cuboidal spermatogonia (size: 2.5 μ m). a few sexual indiscrimination individuals	mostly tubular and a few bending process shapes	++	++
Growing	mostly spermatogonia and spermatocytes (pseudostratified arrangement)	mostly bending and a few tubular process shapes	+	+
Mature	mostly spermatids and spermatozoa. a few spermatogonia and spermatocytes (pseudostratified arrangement)	mostly long process and a few short processs shapes	+	±
Spawning	mostly spermatids and spermatozoa. a few spermatogonia and spermatocytes (pseudostratified arrangement)	mostly long process and a few short process shapes	++	±
Degenerating	remanent spermatozoa and loosen spermatids. spermatogonia and spermatocytes collapsed pseudostratified arrangement	short process and tubular shapes	+	+
Recovery	a few remanent spermatozoa, spermatids and spermatogonia. a few sexual indiscrimination individuals	slender tubular shapes	++	++

++, abundant; +, intermediate; ±, a few or none.

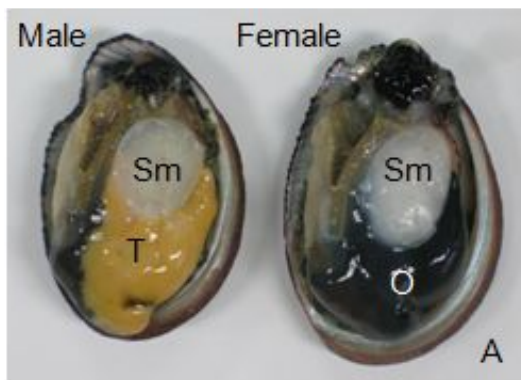


Fig. 3. Anatomical external and histological internal structure of conical appendage in *H. diversicolor*. O, ovary; Sm, Shell muscle; T, testis.

안적인 암·수 구별이 가능하였다(Fig. 3).

2. 생식소지수(Gonad Index, GI)의 월변화

오분자기의 생식소지수(GI)의 변화는 암컷의 경우 일장과 수온이 증가하는 2006년 5월 21.63 \pm 2.42에서 6월~8월에 평균 55.38 \pm 11.73으로 높은 값을 보였고, 9월에 27.7 \pm 4.76으로 감소하였다. 이후 10월에 GI는 51.36 \pm 7.47로 다시 증가하다가 11월에 감소하기 시작하여 2007년 4월에 7.65 \pm 0.85를 나타내었다. 한편, 수컷의 GI도 암컷의 GI 월별 변화와 유사한 경향을 보여 2006년 5월 20.11 \pm 4.13에서 6월에 70.72 \pm 5.20으로 최대값을 보였고, 8월에 급격히 감소하여 9월에 21.27 \pm 2.91로 낮은 값을 보였다. 이후 GI는 10월에 48.49 \pm 8.39

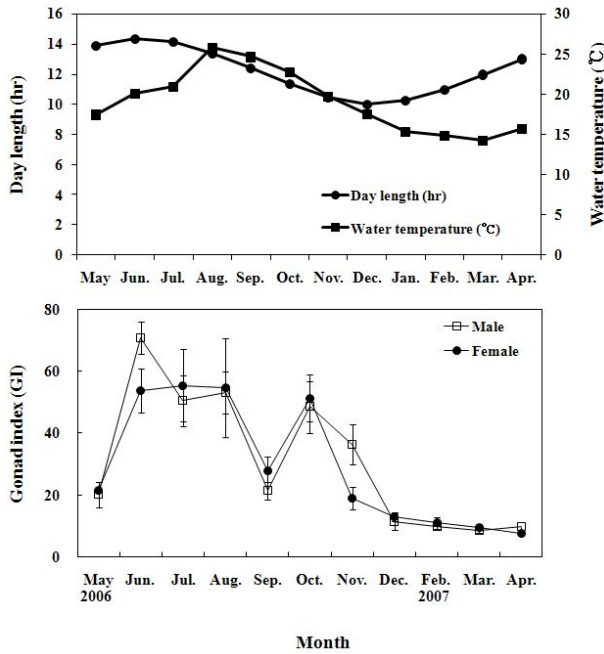


Fig. 4. Monthly changes of day length, water temperature and gonad index of *H. diversicolor* in sampling site (Seongsan coastal waters) from May 2006 to April 2007. Vertical bars indicate standard error.

로 다시 증가하였고, 이후 완만하게 감소하여 2007년 4월에 9.79 ± 1.18 을 나타내었다(Fig. 4).

3. 생식주기

오분자기의 생식주기는 생식소의 조직상을 관찰한 결과, 분열증식기, 성장기, 성숙기, 부분산란 및 방정기, 퇴행기 그리고 회복기의 연속적인 6단계로 구분할 수 있었다(Table 1, 2).

1) 분열증식기

난소의 조직상은 고리모양의 관상의 형태가 다수 존재하였으며, 돌기형의 생식상피에는 난원세포(크기 $8.0 \mu\text{m}$)들과 체세포인 내피세포(크기 $2.0 \mu\text{m}$)들이 분포하였다. 난원세포는 구형으로 비교적 큰 핵을 가지며, 핵질은 투명하였다(Fig. 5A). 정소의 조직상은 정원세포(크기 $2.5 \mu\text{m}$)들과 체세포인 내피세포(크기 $2.0 \mu\text{m}$)들이 고리모양의 관상 생식상피에 존재하였다(Fig. 6A). 암·수 모든 개체의 생식소 내강에는 미분화 간충직과 황색 과립세포들이 혼재하여 관찰되었으며, 생식소의 결합조직 내에 황색 과립세포들이 다수 출현하였다

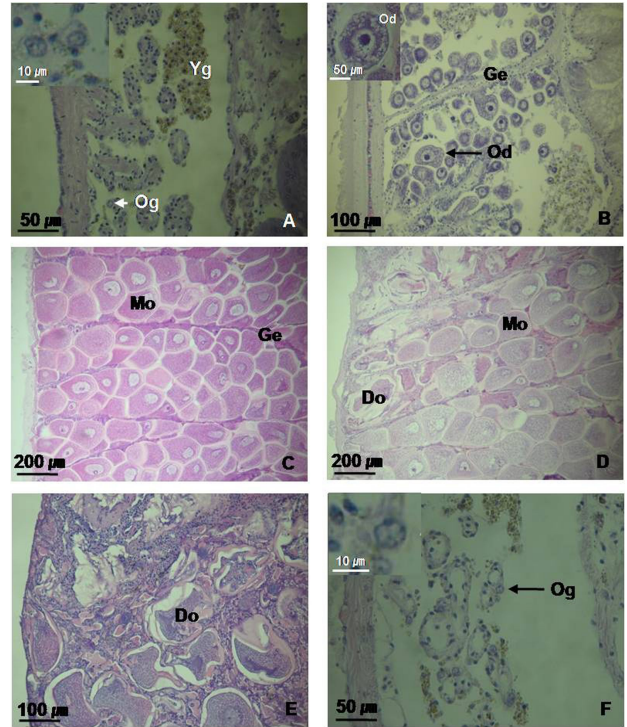


Fig. 5. Photographs of various ovarian development stages in *H. diversicolor*. A, multiplication stage; B, growing stage; C, mature stage; D, partial spawning; E, degenerating stage; F, recovery stage. Do, degenerating oocyte; Ge, germinal epithelium; Mo, mature oocyte; Od, oil droplet stage oocyte; Og, oogonium; Yg, yellowish granular cells.

(Fig. 5A, 6A). 소수 개체는 생식소 조직상으로 암·수 성 식별이 불가능하나, 분열증식기 단계 조직상을 갖는 개체들은 암·수 모두 2월과 5월에 관찰되었다(Fig. 7).

2) 성장기

난소의 조직상은 난원세포와 체세포질에 유구를 갖는 난모세포 등 다수의 어린 난모세포들이 생식상피에 분포하였다(Fig. 5B). 정소의 조직상은 생식상피를 따라 정원세포와 정모세포 그리고 정세포가 무리를 지어 다층배열 구조를 하였다(Fig. 6B). 암·수 생식세포가 성장 발달에 수반하여 생식소는 비후하였고, 생식상피는 고리모양의 관상과 돌기형으로 관찰되었으며, 소화맹낭인 간췌장 조직과 생식소의 경계인 내막까지 신장 발달하였다. 미분화 간충직 조직과 황색 과립세포들이 생식소 내강에 존재하나, 분열증식기에 비해 분포 양상은 다소 빈약하였고, 생식소의 결합조직내에 황색

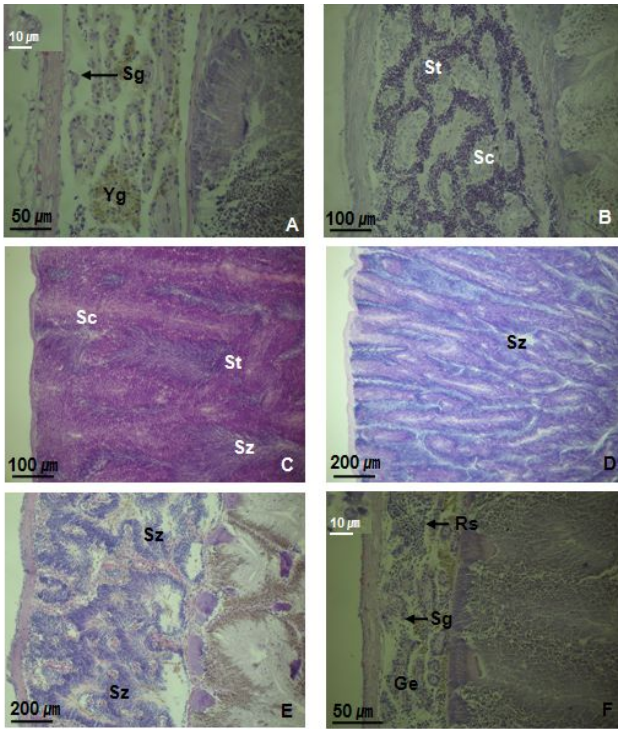


Fig. 6. Photographs of various testicular development stages in *H. diversicolor*. A, multiplication stage; B, growing stage; C, mature stage; D, spawning stage; E, degeneration stage; F, recovery stage. Ge, germinal epithelium; Rs, remnant spermatozoa; Sc, spermatocytes; Sg, spermatogonia; St, spermatids; Sz, spermatozoa; Yg, yellowish granular cells.

과립세포들은 다수 관찰되었다. 성장기 단계 조직상을 갖는 개체들은 암컷의 경우 2~5월, 수컷의 경우 3~5월에 관찰되었다(Fig. 7).

3) 성숙기

난소의 조직상은 세포질에 난황과립이 축적되는 성숙한 난모세포들이 난소 소낭에 다수 존재하나, 어린 난모세포들도 난소 소낭 생식상피에 소수 관찰되었다. 난소의 생식상피는 세장되어 긴돌기형으로 내막까지 신장 발달하였다(Fig. 5C). 정소의 조직상은 소수의 체세포, 정원세포 그리고 정모세포들이 존재하는 길고 짧은 돌기상의 생식상피를 중심으로 정세포와 성숙한 정자들이 밀집하여 다층배열구조로 관찰되었다(Fig. 6C). 생식소 내강의 미분화 간층적 조직과 황색 과립세포들의 출현빈도는 분열증식기와 성장기 그리고 회복기에 비하여 급격히 감소하여 소수의 개체에서만 관찰

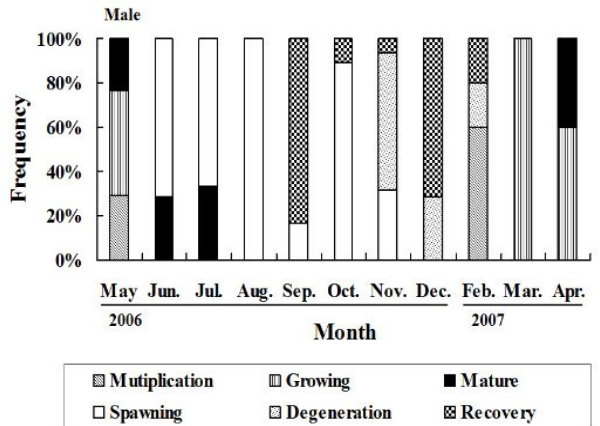
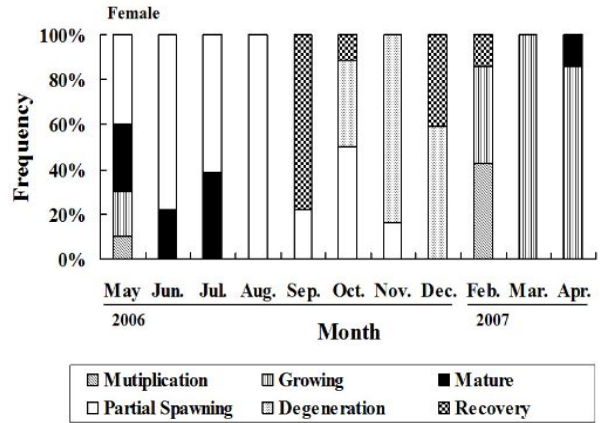


Fig. 7. Monthly variations of relative frequency of various gonad development stages in *H. diversicolor* from May 2006 to April 2007.

할 수 있었으나, 생식소의 결합조직 내에 황색 과립세포들은 다수 존재하였다. 성숙기 개체들은 암·수 모두 수온과 GI가 증가하는 4~7월에 관찰되었다(Fig. 7).

4) 부분산란 및 방정기

난소의 조직상은 대부분 성숙한 난모세포들이 세장된 돌기형의 생식상피로 분할 구획된 소낭에 조밀하게 분포하였고, 생식상피 내벽에는 어린 난모세포가 존재하였다. 부분산란의 흔적을 보이는 소낭에는 얇고 투명한 젤리층이 잔존하며, 젤리층은 미분화 간층적 세포들과 함께 굴곡되어 관찰되었다(Fig. 5D). 정소의 조직상은 짧은 막대기형 생식상피를 중심으로 동심원상으로 변태과정인 정세포와 성숙한 정자들이 내강주위에 밀집하여 다층배열 조직상을 관찰할 수 있었

다(Fig. 6D). 생식소 내강의 미분화 간층직 세포와 황색 과립 세포들은 소수의 개체에서만 관찰되었으나, 생식소의 결합 조직 내에 황색 과립세포들은 다수 존재하였다. 부분산란 및 방정기의 조직상을 갖는 개체들은 암컷의 경우 5~11월, 수컷의 경우 6~11월에 관찰되었다(Fig. 7).

5) 퇴행기

난소의 조직상은 퇴행 중인 난모세포들과 소수의 어린 난모세포들이 존재하였다(Fig. 5E). 정소의 조직상은 정세포와 성숙한 정자들이 방정 후 배열상태가 빈약하여 다층배열 구조가 흐트러진 조직상을 보였다(Fig. 6E). 이 시기의 생식상피는 고리형의 관상과 비후한 막대기형이 혼재하여 관찰되었다. 생식소 내강의 미분화 간층직 세포와 황색 과립세포는 산란 및 방정기보다 출현빈도가 높았고, 생식소의 결합조직 내에 황색 과립세포들도 출현 빈도가 증가하였다. 퇴행기의 조직상을 갖는 개체들은 암컷의 경우 10~12월, 수컷의 경우 11~2월에 관찰되었다(Fig. 7).

6) 회복기

난소의 조직상은 고리모양의 세관형 생식상피가 존재하였고, 다수의 체세포와 소수의 난원세포가 관찰되었다(Fig. 5F). 정소내 고리모양의 세관형 생식상피에는 다수의 체세포, 소수의 정원세포 그리고 내강에는 잔존 정자가 소수 존재하였다(Fig. 6F). 암·수 모두 생식소내 생식상피의 결합조직 두께가 매우 가늘어져 생식상피는 대부분 세관형 고리모양의 형태로 관찰되었다. 미분화 간층직세포와 황색 과립세포들이 생식소 내강에 다수 존재하였으며, 내막의 결합조직에도 황색 과립세포들이 다수 출현하였다. 회복기의 조직상을 갖는 개체들은 암컷의 경우 9~10월과 12~2월, 수컷의 경우 9~2월에 관찰할 수 있었다(Fig. 7).

고 찰

해산 무척추 동물의 산란특성은 성숙 산란시기에 따라 3가지 유형으로 구분되어 늦은 가을부터 이듬해 봄 사이에 산란하는 동계산란형(winter breeders), 늦은 봄부터 이른 가을 사이에 산란하는 하계산란형(summer breeders), 그리고 연중 산란하는 형(year-round breeders) 등으로 구분된다(Booolootian et al., 1962). 우리나라 연안에 서식하는 전복류의 경우, 난

류계인 말전복, *H. gigantea*는 11~12월, 시볼트전복, *H. sieboldii*는 11~12월, 까막전복, *H. discus*는 10~12월, 한류계인 참전복, *H. discus hannai*는 7~10월에 각각 산란한다(Lee, 1974). 그리고 제주 연안에 서식하는 오분자기는 7~11월에 산란하고(Lee & Lee, 1982), 일본 연안에 서식하는 오분자기는 6~11월에 산란하는 하계산란형에 속한다(Oba, 1964; Okuno et al., 1978; Takashima et al., 1978). 또한 전복류의 생식주기를 조절하는 환경요인은 *H. laevigata*와 *H. cyclobates* 등은 먹이가 주요 요인으로 보고 있으며(Shepherd, 1973; Shepherd & Law, 1974), *H. asinina*는 수온이 주요 요인이고(Counihan et al., 2001), *H. cracherodii*는 광주기 영향을 받는 것으로 보고되었다(Webber & Giese, 1969). *H. rubra*의 생식세포 형성과정은 종 특이적으로 지형학적 위치에 따라 다르다(Shepherd & Law, 1974). 그리고 내인성 호르몬 등이 전복류의 생식주기에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Webber & Giese, 1969; Tutschulte & Connell, 1981). 이와 같이 전복류의 생식주기에 영향을 주는 많은 요인들 중 성 성숙 및 산란을 유도하는 중요한 요인은 수온이며(Newman, 1967; Grubert & Ritar, 2004), 급격한 수온변화 자극은 참전복 등 전복류에서 성 성숙 및 산란을 유도한다(Uki & Kikuchi, 1984; Tanaka et al., 1986; Hahn, 1994).

이 연구에서 오분자기는 수온이 상승하는 5월부터 GI 값이 높아지기 시작하여 7월과 8월 그리고 10월에 높은 값을 나타내었고, 9월과 11월에는 낮은 값을 나타내었다. 생식소의 조직학적 관찰결과 암컷인 경우 5월부터 일부 개체가 부분산란을 시작하였고, 수컷인 경우 6월부터 방정을 시작하였다. 이후 암·수 모두 11월까지 부분산란 및 방정개체가 관찰되어 제주 연안에 서식하는 오분자기 산란형은 하계산란형에 속하며, 일본 연안에 서식하는 오분자기와 참전복의 산란시기와 유사한 산란시기를 갖는 경향을 보였다.

전복류 개체군에서 산란 후 재산란 가입 시기까지 소요기간은 열대 전복류인 *H. asinina*는 수온 26°C에서 최소 2주가 소요되고, 온대지방에 서식하는 까막전복은 1개월 이상 그리고 일본 연안에 서식하는 오분자기는 최소 1개월 후 재산란을 한다는 보고가 있다(Jebreen et al., 2000; Fukazawa et al., 2007; Onitsuka et al., 2007). 이 연구결과 오분자기는 5월부터 일부 개체가 부분산란을 시작하여 8~9월에 1차 산란을 한 후 10~11월에 2차 산란에 가입하는 경향을 보였다.

이와 같은 결과는 재산란 가입 기간이 최소 1개월 이상이 소요되는 것으로 추정할 수 있었으며, 일본산 오분자기 재산란 가입 소요기간에 관한 연구결과와 유사하였다(Onitsuka et al., 2007). 특히 Lee & Lee (1982)의 오분자기 연구 결과 산란시기는 7~11월이며 주 산란시기는 7~9월에 일어난다고 보고하였으나, 이 연구결과 5월부터 일부 개체가 부분산란이 일어나기 시작하였다. 이러한 결과는 환경변화에 따른 산란 시기의 변화라고 생각되나, 차후 서식환경 변화에 대응하는 연안 패류의 산란시기 및 번식전략에 대한 체계적인 조사가 필요하다고 사료된다.

열대 전복류인 *H. asinina*는 난소내 각 소낭에서 동시에 배란과 산란이 이루어지지 않고 부분산란(partial spawning)을 한다(Capinpin et al., 1998). 전복류는 휴지기 과정 없이 산란과 방정기 이후 회복기에 접어들어 생식소에는 연중 산란과 방정할 수 있는 생식세포 발달 과정을 유지한다(Webber & Giese, 1969; Young & DeMartini, 1970; Shepherd & Law, 1974; Lee, 1974; Hayashi, 1980). 이 연구에서 오분자기는 산란기 개체의 난소 소낭에는 생식세포 발달과정이 서로 다른 조직상, 즉 성숙난과 소수 어린난모세포를 갖는 소낭과 부분산란 흔적을 가진 소낭, 그리고 퇴행난과 소수 어린난모세포를 갖는 서로 다른 조직상을 갖는 소낭을 관찰할 수 있어 부분산란의 특성을 관찰할 수 있었다. 그러나 정소는 난소의 소낭에서 관찰할 수 있는 부분방정의 뚜렷한 조직상을 구분하는 것은 어려웠다. 또한 배란과 산란 후 생식세포형성 과정인 난 형성과 정자 형성 과정을 갖는 생식소의 조직상을 관찰할 수 있어 휴지기 과정 없이 회복기 과정에 접어드는 생식주기를 알 수 있었다.

지금까지 복족류의 생식주기를 구분하는데 있어서 많은 연구자들은 대부분 난 형성 과정, 생식소 지수(GI) 그리고 생식세포의 조직상을 토대로 구분하는 경향이 있다. 이 연구에서는 생식세포 발달단계에 따라 생식소내 황색 과립세포는 성숙 및 산란기보다 분열증식기, 성장기, 퇴행기, 회복기에 많이 출현하였고, 암·수 생식상피의 형태는 생식주기에 따라서 분열증식기에는 관상과 미로형의 돌기 형태에서 성장기에는 비후 신장하여 짧고 긴 돌기형의 관상, 성숙 및 방정기에는 가늘고 긴 돌기형 그리고 회복기에는 세관상의 환형으로 형태학적인 변화를 보였다. 이와 같은 방법은 다른 전복류의 생식주기 분류에도 이용 가능할 것으로 사료된다.

인용문헌

- Booolootian RA, Farman-farman A, Giese AC (1962) On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. Biol Bull Woods Hole Mar Biol Stn 122:183-192.
- Campbell A, Lessard J, Jamieson S (2003) Fecundity and seasonal reproduction of northern abalone, *Haliotis kamtschatkna*, in barkley sound. Canada J Shellfish Res 22(3):811-818.
- Capinpin EC Jr, Encena VC, Bayona NC (1998) Studies on the reproductive biology of the donkey's ear abalone, *Haliotis asinina* Linne. Aquaculture 166:141-150.
- Counihan RT, McNamara DC, Souter DC, Jebreen EJ, Preston NP, Johnson CR, Degnan BM (2001) Pattern, synchrony and predictability of spawning of the tropical abalone *Haliotis asinina* from Heron Reef, Australia. Mar Ecol Prog Ser 213:193-202.
- Fukazawa H, Kawamura T, Takami H, Watanabe Y (2007) Oogenesis and relevant changes in egg quality of abalone *Haliotis discus hannai* during a single spawning season. Aquaculture 270:265-275.
- Grubert MA, Ritar AJ (2004) Temperature effects on the dynamics of gonad and oocyte development in captive wild-caught blacktip (*Haliotis rubra*) and greenlip (*H. laevigata*) abalone. Invertebr Reprod Dev 45:185-196.
- Hahn KO (1994) Gametogenic cycle of the Japanese abalone (ezoawabi), *Haliotis discus hannai*, during conditioning with effective accumulative temperature. Aquaculture 122:227-236.
- Hayashi I (1980) The reproductive biology of the omer, *Haliotis tuberculata*. J Mar Biol Ass UK 60:415-430.
- Jebreen EJ, Counihan RT, Fielder DR, Degnan BM (2000) Synchronous oogenesis during the semilunar spawning cycle of the tropical abalone *Haliotis asinina*. J Shellfish Resh 19:845-851.
- Kim YH, Chung EY, Shin MS (2007) Reproductive ecology of *Neptunea (Barbionia) arthritica cumingii*. Dev Reprod 11(3):155-165. (In Korean)

- Lee CH, Kaang BK, Lee YD (2011) Gonadal development and reproductive cycle of sea hare *Aplysia kurodai* in Jeju coastal waters. *Dev Reprod* 15(3):257-263.
- Lee JJ, Lee CK (1982) Gametogenesis, reproductive cycle and inducing spawning of the abalone, *Sulculus diversicolor aquatilis* (Reeve). *Bull Mar Resour Res Inst* 6:9-25. (In Korean)
- Lee TY (1974) Gametogenesis and reproductive cycle of abalone. *Publ Mar Lab Busan Fish College* 7:21-50. (In Korean)
- Lee TY, Pyen CK, Chin P, Hong SY (1978) Seed production and rearing of the abalone, *Haliotis discus hannai*. *Publ Inst Mar Sci Nat Fish Univ Busan* 11: 47-61. (In Korean)
- Newman GG (1967) Reproduction of the South African abalone, *Haliotis midae*. *S Afr Div Fish Invest Rep* 64: 1-24.
- Oba T (1964) Studies on the propagation of an abalone, *Haliotis diversicolor supertexta* Lischke-I. On the spawning habits. *Bull Jap Soc Sci Fish* 30:742-748.
- Okuno M, Takashima F, Yamakawa H (1978) Reproductive cycle of *Haliotis diversicolor aquatilis* Reeve. *J Tokyo Univ Fish* 65:9-13.
- Onitsuka T, Kawamura T, Horii T, Takiguchi N, Takami H, Watanabe Y (2007) Synchronized spawning of abalone *Haliotis diversicolor* triggered by typhoon events in Sagami Bay, Japan. *Mar Ecol Prog Ser* 351:129-138.
- Shepherd SA (1973) Studies on Southern Australian abalone (Genus *Haliotis*) : I. Ecology of five sympatric species. *Aust J Mar Fresh Res* 24:217-257.
- Shepherd SA, Laws HM (1974) Studies on Southern Australian abalone: II. Reproduction of five species. *Aust J Mar Freshwater Res* 25:49-62.
- Takashima F, Okuno M, Nichimura K, Nomura M (1978) Gametogenesis and reproductive cycle in *Haliotis diversicolor diversicolor* Reeve. *J Tokyo Univ Fish* 1: 1-8.
- Tanaka K, Tanaka T, Ishida O, Ohba T (1986) On the distribution of swimming and deposited larvae of nursery ground of abalone at the southern coast of *Chiba prefecture*. *Bull Jpn Soc Sci Fish* 52:1525-1532.
- Tutschulte T, Connell JH (1981) Reproductive biology of three species of abalone (*Haliotis*) in southern California. *Veliger* 23:195-206.
- Uki N, Kikuchi S (1984) Regulation of maturation and spawning of an abalone, *Haliotis* (Gastropoda) by external environmental factors. *Aquaculture* 39: 247-261.
- Webber HH, Giese AC (1969) Reproductive cycle and gametogenesis in the black abalone, *Haliotis cracherodii* (Gastropoda: Prosobranchiata). *Mar Biol* 4: 152-159.
- Young JS, DeMartini JD (1970) The reproductive cycle, gonadal histology and gametogenesis of the red abalone, *Haliotis rufescens* (Swainson). *Calif Fish Game* 56: 298-309.

(Received 27 March 2012, Received in revised form 10 June 2012, Accepted 17 June 2012)